



MEMORIA

Proyecto de Innovación Docente:

Termografía infrarroja como herramienta docente en el ámbito de la
ingeniería de mantenimiento y en metrología (ID2023/147)

30 de junio de 2024

Coordinador: Prof. Dr. Manuel Rodríguez Martín

Índice

Resumen	3
1. Contexto docente	4
2. Metodología y resultados obtenidos	5
3. Conclusiones	9
4. Divulgación de resultados	9
5. Líneas de trabajo futuras	10

Resumen:

A través de este proyecto de innovación docente, la Universidad de Salamanca ha integrado la termografía infrarroja en la asignatura de Seguridad y Salud Laboral del tercer año de Ingeniería Mecánica, con el objetivo de mejorar la formación en eficiencia energética y sostenibilidad. Se diseñó, a su vez, un dispositivo multisensor para evaluar luminarias, que permite comparar sistemas de iluminación en tiempo real y cuantificar su eficiencia energética y que sirve de herramienta de base para explicar el fenómeno de la captura termográfica y de la emisión de radiación infrarroja. Este dispositivo, controlado por una placa Arduino, transmite datos sobre voltaje, amperaje, consumo y temperatura a un smartphone vía Bluetooth. Además, incluye un luxómetro y una cámara termográfica para analizar la capacidad de iluminación y la disipación térmica. Los estudiantes valoraron positivamente la actividad, considerándola útil y relevante para su futuro profesional.

En la iniciativa de innovación desarrollada se aplicó el dispositivo multisensor y otras actividades definidas específicamente para la asignatura de Seguridad y Salud Laboral, y especialmente para la evaluación de riesgos térmicos y mecánicos en maquinaria. Se aplicó un enfoque de investigación cuasiexperimental, basado en un posttest tanto de contenidos como con cuestiones para valorar la percepción y la satisfacción de los estudiantes.

Se demuestra que la termografía puede ser una herramienta educativa efectiva para la seguridad y prevención de riesgos laborales, ofreciendo una formación práctica y avanzada que combina teoría e investigación.

1. Contexto docente

Las cámaras termográficas son como cámaras digitales, pero en lugar de capturar imágenes visibles, capturan imágenes basadas en el calor (radiación infrarroja) que emiten los objetos [1]. Estas cámaras pueden medir la temperatura de diferentes superficies en una imagen, lo que las convierte en herramientas útiles en campos como la ingeniería, la medicina y las ciencias de materiales. El uso de estas cámaras, puede ser muy valioso para enseñar conceptos sobre radiación y calor [2]. Sin embargo, hasta ahora, no se ha utilizado mucho en la educación debido a su alto costo [4], aunque recientemente se ha vuelto más accesible.

La termografía infrarroja es la técnica que utiliza cámaras termográficas para evaluar las condiciones térmicas de diferentes objetos y entorno, tiene muchas aplicaciones y modalidades diferentes [3], pero en general se presenta como una técnica versátil con aplicaciones en múltiples disciplinas y campos profesionales, que abarcan desde la ingeniería hasta las ciencias de la salud. En particular, dentro del ámbito de la ingeniería de mantenimiento y calidad, la cualificación de los usuarios de termografía está estrictamente regulada por la norma ISO 18436-7:2014, que se *titula "Condition monitoring and diagnostics of machines — Requirements for qualification and assessment of personnel — Part 7: Thermography"*. Esta norma especifica los requisitos para la cualificación y evaluación del personal que utiliza esta tecnología.

Por esta razón, es fundamental que nuestros estudiantes, quienes serán los futuros profesionales, reciban una formación adecuada en el uso de la termografía infrarroja. Es esencial que comprendan los principios básicos y avanzados de esta innovadora técnica, que aún es relativamente nueva y poco explicada en los programas académicos tradicionales de las escuelas de ingeniería.

En la Universidad de Salamanca, contamos con una variedad de recursos en termografía que han sido adquiridos normalmente para fines de investigación. Estos recursos nos permiten ofrecer a los estudiantes una formación avanzada, integrando el conocimiento generado en la investigación con la enseñanza. Esto no solo mejora la calidad de la formación práctica y aplicada que podemos ofrecer, sino que también incrementa el valor y la competitividad de nuestra institución.

En cuanto a los recursos humanos, nuestro equipo de proyecto ha estado compuesto por investigadores con experiencia en termografía, así como en innovación docente y educación en ingeniería. Esta combinación de recursos técnicos y humanos nos posiciona de manera ideal para ofrecer una formación integral y avanzada en termografía infrarroja, beneficiando a nuestros estudiantes y fortaleciendo nuestra oferta académica

2. Metodología y resultados obtenidos

La metodología se aplica siguiendo la secuencia indicada en el diagrama de la Figura 1. En primer lugar, se analizó el estado del arte y se evaluaron los software y requisitos técnicos necesarios para el planteamiento de la actividad. Posteriormente se diseñaron los casos prácticos basándose en situaciones reales que pudieran darse en el contexto industrial, y que fueran compatibles con la evaluación termográfica. Posteriormente, se plantearon las actividades en el área bajo la dirección del equipo docente. Posteriormente se evalúa el rendimiento de la actividad docente a través de cuestionarios y de los informes realizados en equipo por los estudiantes, así como por la observación participante del profesor.

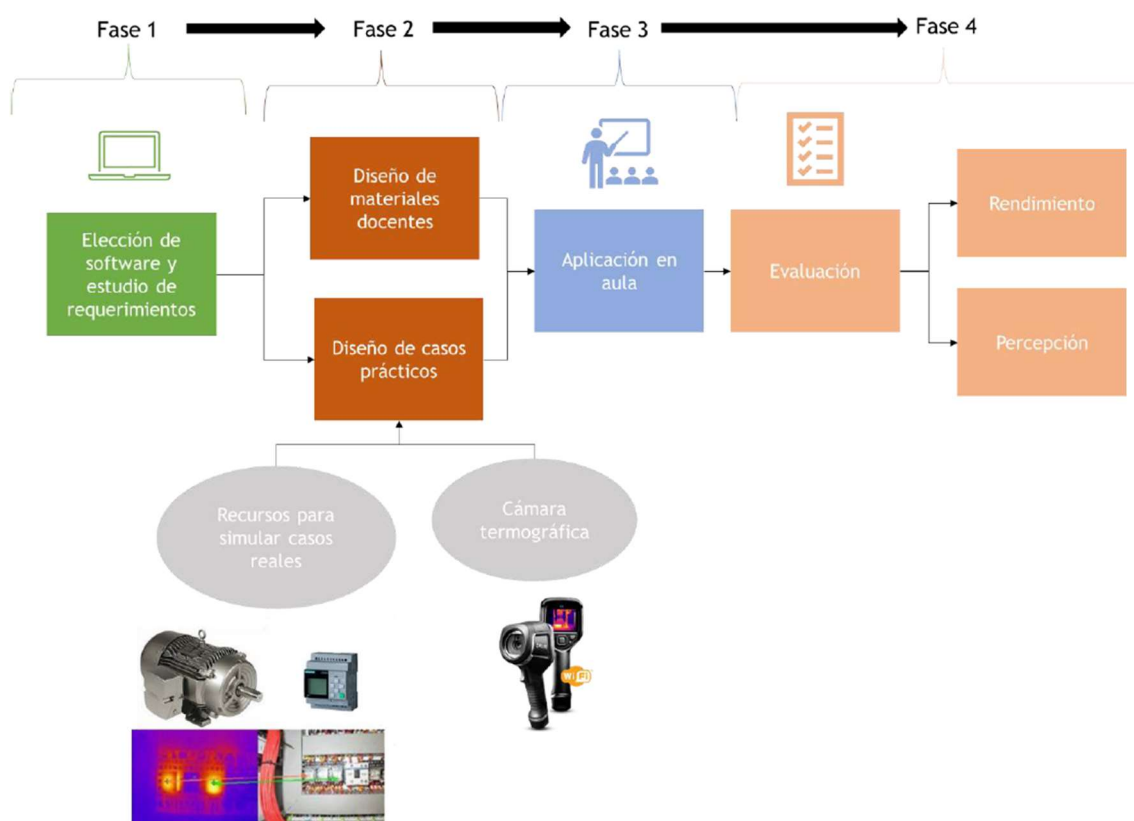


Figura 1: Diagrama de flujo seguido para el desarrollo de la innovación docente.

Se ha aplicado la termografía infrarroja en el aula. Concretamente en el aula de la asignatura de Seguridad y Salud Laboral, de tercer curso del grado en ingeniería mecánica del curso 2023-24. La asignatura contaba con 15 estudiantes matriculados, y no solo se ha aplicado la metodología, sino que se ha evaluado utilizando una encuesta y la realización de un informe de práctica. En un principio se barajó la posibilidad de aplicarlo en otras asignaturas en las que al final no hubo estudiantes matriculados, por ello, se decidió aplicar en esta asignatura en la que se pudo integrar la metodología de manera satisfactoria y en la que se contaba con un número suficiente de estudiantes que permitiera aplicar el diseño de investigación.

De cara a esta investigación se diseñó un dispositivo Multisensor de Evaluación de bombillas (Figura 2) que fue desarrollado por investigadores del proyecto y ha sido objeto de protección industrial como Modelo de Utilidad¹. Esta invención es un sistema para comparar de manera cuantitativa y cualitativa con termografía los sistemas de iluminación tradicionales, tanto para fines educativos como productivos. Su diseño tiene dos objetivos principales: por un lado, concienciar sobre la sostenibilidad y la eficiencia energética, mostrando y enseñando el impacto de los diferentes tipos de bombillas y su consumo; por otro lado, proporcionar formación tecnológica y explicar conceptos físicos relacionados con los parámetros energéticos.



Figura 2: Imágenes del dispositivo multisensor diseñado.

Actualmente, no existen dispositivos educativos que permitan una comparación objetiva y multisensorial (electricidad, iluminación, termografía) de varias fuentes de iluminación

¹ Registrado ante la OEPM como Modelo de Utilidad con referencia N/Ref.:ES1367.126-PRIO.

al mismo tiempo. Las soluciones actuales solo proporcionan datos eléctricos, lo que limita la comprensión completa de los fenómenos físicos por parte de los estudiantes.

Una vez diseñado y fabricado el prototipo, se procedió a aplicar un diseño experimental para evaluar el rendimiento de la actividad y la percepción de los estudiantes sobre la misma. Para ello, en primer lugar, se aplicó la metodología docente basada en termografía que se basó en tres actividades distintas con cámaras termográficas (Figura 3), de manera general, para comprender los fundamentos físicos de la termografía y de manera particular, para la evaluación de riesgos térmicos en maquinaria industrial (Figura 4).



Figura 3: Desarrollo de la actividad en el laboratorio utilizando el dispositivo multisensor.

De esta forma se plantearon tres actividades:

- Evaluación térmica de bombillas con banco de ensayos diseñado ad-hoc para este proyecto.
- Evaluación térmica de célula Peltier (generadora de frío).
- Evaluación de zonas calientes en máquina de fabricación (pulidora industrial).
- Evaluación de riesgos térmicos en proceso de soldadura.

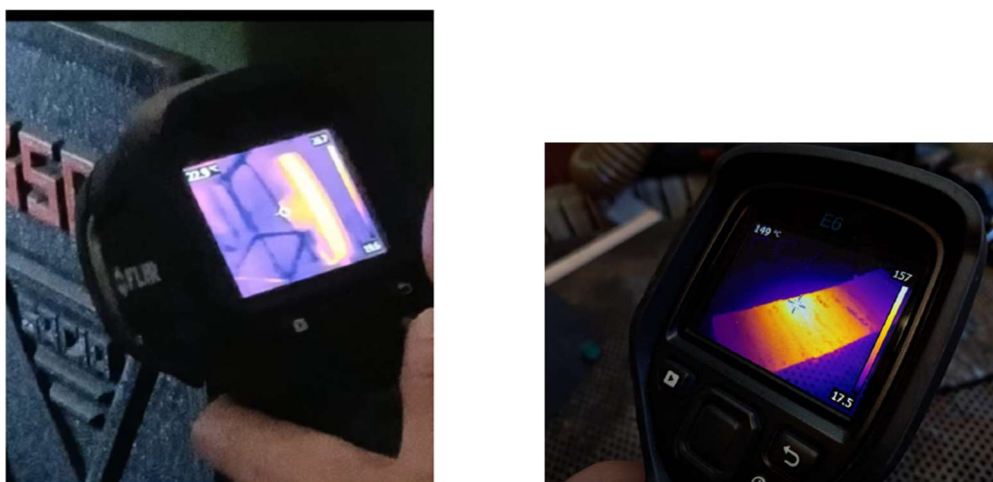


Figura 4: Imágenes del desarrollo de la actividad extraídas de los informes elaborados por los estudiantes (evaluación de zonas calientes en maquinaria de fabricación, izquierda y evaluación del riesgo térmico en soldadura, a la derecha).

Después de realizadas todas las actividades, se pasó a los estudiantes un cuestionario con cuestiones teóricas para evaluación de contenidos y cuestiones sobre la percepción sobre la actividad. Respondieron el 87 %, alcanzando un tamaño de muestra $n=13$.

Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente utilizando estadísticos de medida central y de dispersión, tanto gaussianos (media y desviación estándar), como robustos (mediana y rango intercuartílico). El resumen de los resultados se indica a continuación en la Tabla 1.

	Sencillez	Utilidad para la asignatura	Utilidad para el futuro laboral	Aplicabilidad a la SysL	Test de contenidos
Media	8,42	8,50	8,17	9,33	9,33
Mediana	8,00	8,50	8,50	10,00	9,00
SD	1,08	1,68	1,76	0,97	0,65
Q3	9,50	10,00	10,00	10,00	10,00
Q1	8,00	8,00	7,00	9,00	9,00
IQR	1,50	2,00	3,00	1,00	1,00

Como se puede ver en la tabla, los estudiantes valoran muy positivamente la actividad en términos de sencillez, utilidad para la asignatura, aplicabilidad para la asignatura y utilidad para su futuro laboral, arrojando este último ítem una mayor variabilidad. Los cuestionarios de contenidos pasados tras la actividad mostraron unos resultados muy satisfactorios que demuestran el correcto aprovechamiento de la actividad y un adecuado rendimiento de aprendizaje.

De las preguntas de evaluación y del informe que grupalmente debieron elaborar cada uno de los estudiantes se interpreta, adicionalmente, la adecuada adquisición de competencias y el éxito académico de la actividad, que ha servido, no solo para explicar a los estudiantes una metodología nueva de gran aplicación a nivel industrial y en la práctica del ingeniero, sino que dicha actividad ha servido para aprender contenidos tanto de índole fundamental (termodinámica, transmisión del calor, etc.), como de índole técnico (riesgos térmicos y seguridad en maquinaria).

Asimismo, a través de la observación participante de los profesores del equipo docente se pudo detectar una actitud muy positiva y proactiva por parte del alumnado, que se involucraron activamente en las diferentes actividades y llegaron incluso a querer hacer pruebas extras con la cámara termográfica, más allá de las planteadas formalmente en la actividad.

3. Conclusiones:

En base a las diferentes herramientas de investigación utilizadas, se ha evidenciado que la termografía puede emplearse como herramienta docente con gran éxito en programas y asignaturas relacionadas con la seguridad y con la prevención de riesgos laborales en programas de ingeniería, concretamente para la evaluación de riesgos térmicos y mecánicos en maquinaria. Adicionalmente, se ha demostrado la buena aceptación por parte de los estudiantes, que consideran la actividad como útil, sencilla, práctica positiva para su futuro profesional.

Finalmente, como otro indicador positivo del proyecto, se ha podido diseñar un dispositivo multisensor para evaluación de luminarias que ha sido diseñado, prototipado y objeto de protección industrial por parte de la Universidad de Salamanca, y que servirá para nuevas iniciativas docentes y de investigación.

4. Divulgación de resultados

Parte de los resultados de este proyecto han sido divulgados en la siguiente comunicación congreso internacional con la correspondiente publicación de artículos en los libros de actas/proceeding:

- Rodríguez-Gonzálvez, P. Rodríguez-Martín, M., García Martín, R. J., & Lorenzo, M. Á. (2024). *Termografía para la enseñanza de los peligros térmicos en maquinaria: Un primer enfoque*. En *Avances en Educación Superior e Investigación* (Vol. 4). Foro Internacional sobre la Evaluación de la Calidad de la Investigación y la Educación Superior, 19-21 de junio de 2024.

Adicionalmente, se está trabajando en otras publicaciones que puedan derivar de los trabajos realizados.

5. Líneas de trabajo futuras.

Se está trabajando en la creación de nuevas actividades y metodologías, también activas, basadas en termografía activa para otras asignaturas y también en la exportación de esta metodología hacia otros contextos educativos que también pueden beneficiarse, como las enseñanzas medias.

Referencias:

- [1] García-Peralo, E., Rodríguez-Gonzálvez, P., & Rodríguez-Martín, M. (2023). Application of thermography in education: A bibliometric and meta-analysis. In 16th International Conference of Education, Research and Innovation (ICERI) (pp. 2611-2618). IATED Academy, Valencia, Spain. <https://doi.org/10.21125/iceri.2023.0697>
- [2] Rodríguez-Martín, M., & Rodríguez-Gonzálvez, P. (2022). Potentialities of Infrared Thermography in Education. In V. M. Petrova (Ed.), *Advances in Engineering Research*. New York: Nova Publisher Corp.
- [3] Rodríguez-Martín, M., Lagöela-López, S., González-Aguilera, D., & Díaz-Vilariño, L. (2015). Active thermography. Part 2: Development and applications for engineering and industry. *Dyna* (Spain), 90(6). <https://doi.org/10.6036/7596>
- [4] Rodríguez-Gonzálvez, P., & Rodríguez-Martín, M. (2021). Design of a Didactical Activity for the Analysis of Uncertainties in Thermography through the Use of Robust Statistics as Teacher-Oriented Approach. *Remote Sens* (Basel), 13(3), 402. <https://doi.org/10.3390/rs13030402>

Nota: Esta memoria es meramente informativa, su contenido y la información suministrada puede ser objeto de publicación en revistas, libros u otros soportes que deberán ser tenidos en cuenta de cara a la citación o reproducción de contenidos. Para reproducción de las imágenes es necesario contar con el consentimiento del autor.